



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **61200428 A**(43) Date of publication of application: **05.09.86**

(51) Int. Cl.

G01C 19/56
G01P 9/02
(21) Application number: **60038907**(22) Date of filing: **01.03.85**(71) Applicant: **HITACHI LTD**
 (72) Inventor: **TACHIKAWA HAJIME**
NAKAMURA HIROO
SHINOZAKI TOSHIYA
(54) **ANGULAR VELOCITY SENSOR**

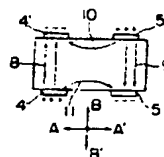
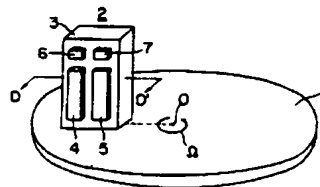
(57) Abstract:

PURPOSE: To make it possible to reduce the irregularity of characteristics, by rotating a vibrator while vibrating the same in the direction crossing a rotary shaft at right angles and detecting the angular velocity of the rotary shaft by detecting the change in a vibration mode.

CONSTITUTION: The drive electrodes 4, 5 provided to a square pillar shaped quartz vibrator 3 are electrically connected to each other and drive electrodes 5, 3' are mutually electrically connected to apply a drive signal not only between the drive electrodes 4, 4' but also between the drive electrodes 5, 5'. Further, detection electrodes 6, 7 are provided and a detection electrode 6', 7' are respectively provided to the other surface of the vibrator 3 so as to be opposed to detection electrodes 6, 7, and the detection electrodes 6, 7' and the detection electrodes 6', 7 are respectively connected electrically. A detection element 2 is attached to a rotor 1 so that the direction vertical to the surface to which the drive electrodes 4, 5 coincides with the tangential direction of the rotary orbit of the rotor 1 and processes the charges generated in the

detection electrodes 6, 7 to obtain the angular velocity Ω of the rotor 1.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-200428

⑤ Int. Cl.

G 01 C 19/56
G 01 P 9/02

識別記号

庁内整理番号

6723-2F
7027-2F

⑬ 公開 昭和61年(1986)9月5日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 角速度センサ

⑰ 特 願 昭60-38907

⑱ 出 願 昭60(1985)3月1日

⑲ 発 明 者 立 川 肇 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研
究所内
⑲ 発 明 者 中 村 啓 夫 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研
究所内
⑲ 発 明 者 篠 崎 利 也 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研
究所内
⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
㉑ 代 理 人 弁理士 武 顕次郎 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

角速度センサ

2. 特許請求の範囲

振動子と該振動子を互いに直交する第1、第2の方向に異なる周波数で振動させる駆動手段と該振動子に生ずる力のうちの該第1、第2の方向のいずれか一方の方向の力成分を検出する検出手段とからなる検出素子と、該検出手段の検出出力を処理する信号処理手段とを備え、該検出素子を、該振動子の振動する該第1、第2の方向が回転体の回転軸に直交するように、該回転体に取りつけて一体に回転させることにより、該回転体の角速度を検出可能に構成したことを特徴とする角速度センサ。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、回転体の角速度を検出するための角速度センサに関する。

〔発明の背景〕

近年、自動車やロボットなどの分野において、角速度センサに対する要望が高まっている。その中でも、寿命などの点から、特に、振動式のもの注目されている。振動式の角速度センサの一例が、S A E Technical Paper Series 830727 (April 12-15 1983)で「Solid-State Rate Sensor Technology and Applications」と題するRichard O. Ayresの論文やセンサ技術編集委員会情報調査会によるセンサデバイスハンドブック(1983.11.15) p. 193-194などに紹介されている。この振動式角速度センサは圧電振動板を用いたものであって、駆動用としての第1の圧電振動板の一端を基板に固定するとともに、その他端を固定し、しかも、第1、第2の圧電振動板の面を互いに直交するようにしたものである。検出すべき角速度 Ω の回転軸は基板の面に垂直、すなわち、第1、第2の圧電振動板の長手方向に沿っており、この角速度 Ω で回転する第1の圧電振動板をその面に垂直に振動させると、この面に垂直な方向にコリオリの力

が生じて第2の圧電振動板がその面に垂直な方向に振動する。

このコリオリの力 F_c は、第1の圧電振動板の質量を m_0 、振動による速度を v とすると、

$$F_c = 2m_0\Omega v$$

で表わされ、第2の圧電振動板の振動を検出することによってこのコリオリの力 F_c が得られ、さらにこれから角速度 Ω を得ることができる。

この角速度センサは、応答特性や直線性に優れ、また、ヒステリシス特性が生じないという特徴を有するが、駆動用の第1の圧電振動板の振動によって生ずる音響エネルギーがセンサ用の第2の圧電振動板の振動に影響を与えるという問題がある。

この問題を解消するために、上記論文および特開昭58-174854号には、さらに、第1、第2の圧電振動板からなる振動体を2個用い、これらを基板の面上に、互いに平行に設けるとともに、これら振動体の夫々の第1の圧電振動板を互いに逆位相で振動させるようにした角速度センサが開示されている。かかる角速度センサにおいては、

質量や形状などが互いに等しくなければならないという非常に難しい問題があった。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、かかる従来技術の問題点を解消し、構造が簡単で量産性に優れ、特性のパラッキを低減可能とした角速度センサを提供することにある。

〔発明の概略〕

この目的を達成するために、本発明は、所定の回転軸のまわりに振動子をこの回転軸と直交方向に振動させながら回転させると、該振動子に該振動子の振動方向と該回転軸に平行な方向とに直交する方向にコリオリの力が生じ、このコリオリの力の方向に該振動子をさらに振動させると、この振動の形態がコリオリの力によって変化することに着目し、かかる振動形態の変化を検出して該回転軸の角速度を検出するようにした点に特徴がある。

〔発明の実施例〕

まず、第5図によって本発明の角速度センサの

夫々の振動体の第2の圧電振動板は互いに逆位相で振動し、これらの振動を検出して演算処理することにより、対象となる角速度を得ることができる。この場合、夫々の振動体の第1の圧電振動板から生じた音響エネルギーは、夫々の第2の圧電振動板の振動に等しく作用するから、上記の演算処理によって相殺されることになる。第2の圧電振動板の振動への外部力の影響も同様にして除かれる。

しかしながら、かかる角速度センサは、構造が非常に複雑であって量産性に難があった。特に、第1、第2の圧電振動板の固着や第1の圧電振動板と基板との固着に非常に高い精度が要求されるという問題がある。しかも、良好な検出特性を得るためには、第1、第2の圧電振動板の特性が均一でなければならないし、また、振動体が基板に固着するときや第1の圧電振動板と第2の圧電振動板とを固着するときの接着材が、夫々の振動体に対して、同じ種類のものである必要があることはもちろんのこと、対応する固着箇所でのその便

原理を説明する。

互いに直交するX軸、Y軸、Z軸からなる三次元座標系において、X軸とY軸とからなるX-Y平面上をZ軸を中心として角速度 Ω で物体Mが回転しており、この物体Mが画く軌道は原点Oからの半径Rの円軌道であるものとし、この物体MがさらにX-Y平面内で振動しているものとする。この物体Mには、その振動方向とZ軸に平行な方向とに垂直な方向に次に示すコリオリの力 \vec{F}_c が生ずる。

$$\vec{F}_c = 2m(\vec{V} \times \vec{\Omega})$$

ここで、 m は物体Mの質量、 \vec{V} は物体Mの振動による速度ベクトル、 $\vec{\Omega}$ は角速度ベクトルで方向はZ軸方向である。

そこで、いま、物体Mを原点O方向A-A'とこれに垂直な円軌道の接線方向B-B'とに振動させると、A-A'方向の振動によるコリオリの力 F_{cA} はB-B'方向に生じ、B-B'方向の振動によるコリオリの力 F_{cB} はA-A'方向に生ずる。したがって、いま、物体MをA-A'方向に振幅 r 、角波数

f_1 で振動させたとすると、物体Mの回転円軌道からのA-A'方向の変位量 U_1 は、

$$U_1 = r \sin \omega_1 t$$

(但し、 $\omega_1 = 2\pi f_1$)

となり、物体MをB-B'方向に振幅 ℓ 、周波数 f_2 で振動させると、物体Mのこの振動によるB-B'方向の変位量 U_2 は、

$$U_2 = \ell \sin(\omega_2 t + \theta)$$

(但し、 $\omega_2 = 2\pi f_2$ 、 θ は U_1 に対する位相差)

となる。

物体MのB-B'方向の振動によってA-A'方向に生ずるコリオリの力 F_{cs} は、

$$\begin{aligned} F_{cs} &= 2m\Omega \cdot \frac{dU_2}{dt} \\ &= 2m\Omega \ell \omega_2 \cos(\omega_2 t + \theta) \end{aligned}$$

である。また、物体MのA-A'方向の振動自体によって物体Mに生ずるA-A'方向の力 F_A は、

$$F_A = m \frac{d^2 U_1}{dt^2} = -mr\omega_1^2 \sin(\omega_1 t)$$

であり、角速度 Ω によって物体Mに生ずる遠心力

F_{cl} は、A-A'方向の振動によって回転軌道の半径が $(R+r \sin(\omega_1 t))$ となるから、

$$F_{cl} = m\Omega^2 (R+r \sin(\omega_1 t))$$

となる。物体Mに生ずる力 F_s は、これらの力 F_{cs} 、 F_A 、 F_{cl} の合計となるから、

$$\begin{aligned} F_s &= 2m\Omega \ell \omega_2 \cos(\omega_2 t + \theta) \\ &\quad - mr(\omega_1^2 - \Omega^2) \sin(\omega_1 t) + mR\Omega^2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

である。

この式(1)の右辺第1項は一次の角速度 Ω が含まれており、この力 F_{cs} に応じた振幅の信号を抽出し、この第1項の周波数 f_2 の信号成分を抽出することにより、この成分から角速度 Ω を得ることができるのである。この場合、 $\omega_1^2 \gg \Omega^2$ とすることにより、式(1)の右辺第2項に応じた周波数 f_1 の信号成分などを用いることにより、第1項における定数 m 、 ℓ 、 ω_2 を除いて角速度 Ω だけを抽出することができる。

次に、かかる原理にもとづく本発明の一実施例を図1図ないし図4図によって説明する。

図1図はこの実施例の検出素子を示す構成図であって、1は回転体、2は検出素子、3は水晶振動子、4、5は駆動用電極、6、7は検出用電極である。

同図において、角柱状の水晶振動子3の一方の面には、駆動用電極4、5が設けられ、他方の面には、後に説明する図2図に示されるように、駆動用電極4に対向して駆動用電極4'が、駆動用電極5に対向して駆動用電極5'が夫々設けられている。駆動用電極4、5'は互いに電気的に接続され、また、駆動用電極5、4'が互いに電気的に接続されて、駆動用電極4、4'間および駆動用電極5、5'間に駆動信号が加えられる。

また、水晶振動子3の駆動用電極4、5が設けられた面には、さらに、検出用電極6、7が設けられ、他方の面には、図示しないが、検出用電極6'に対向して検出用電極6'が、検出用電極7'に対向して検出用電極7'が夫々設けられており、検出用電極6、7'が電気的に接続され、検出用電極7、6'が電気的に接続されている。

駆動用電極4、5'に加える駆動信号に対して駆動用電極5、4'に加える駆動信号を逆位相にすると、図1図の分断線D-D'からみた断面図である図2図に示すように、駆動用電極4、4'間に加えられる電圧と駆動用電極5、5'間に加えられる電圧とは逆相関係になり、水晶振動子3内の各駆動用電極間には、図示する方向の電界8、9、10、11が生ずる。そこで、駆動用電極4、4'間に生ずる電界8とこれとは逆方向の駆動用電極5、5'間に生ずる電界9とにより、水晶振動子3には、駆動用電極4、5、4'、5'が設けられている夫々の面に平行な方向A-A'に振動が生じ、また、駆動用電極4'、5'間に生ずる電界10とこれとは逆方向の駆動用電極4、5間に生ずる電界11とにより、水晶振動子3にA-A'方向とは直交するB-B'方向にも振動が生ずる。ここで、水晶振動子3のA-A'方向の振動の共振周波数を f_1 、B-B'方向の振動の共振周波数を f_2 とし、 $f_1 < f_2$ とすると、上記のように駆動用電極4、4'、5、5'に駆動信号を加えることにより、水晶振動子3はA

- A' 方向に周波数 f_1 で振動し、B-B' 方向に周波数 f_2 で振動する。

なお、日刊エレクトロニクス、1979.11.26 p.146-167の橋本英司外2名による「AT切取歪みの周波数温度特性を実現する音叉型水晶振動子」と題する論文、セイコー電子工業(株)発行のカタログ「QUARTZ CRYSTAL」あるいは特開昭58-102889号公報に開示されるように、水晶振動子2に生ずる2方向の振動を結合することにより、A-A'方向、B-B'方向の振動の共振周波数 f_1 、 f_2 の温度特性を改善でき、広い温度範囲にわたってこれらの変動を抑圧できる。

この実施例の検出素子2は以上の構成をなしており、図1図に戻って、回転体1の角速度 Ω を検出する場合には、水晶振動子3の駆動用電極4、5などが設けられた面に垂直な方向が回転体1の回転軌道の接線方向に一致するように、検出素子2を回転体1に取りつける。したがって、図3図に示すように、検出素子2のA-A'方向は回転体

の接線方向に一致する。かかる構造はフォトリソグラフィ加工技術によって人工水晶に非常に良く整合がとれるので、量産するに際しても、構造の精度を高くすることができ、したがって、特性のバラツキが非常に少ない。

なお、水晶振動子3の結晶の光学軸からの影響を除くとともに、電気的ノイズを除くために、検出素子2はアースされた磁性体金属のパッケージに収納した方がよい。

次に、検出用電極6、7に生じた電荷を先の原理にもとづいて処理し、回転体1の角速度 Ω を得るようにした、この実施例の信号処理系を図4図によって説明する。なお、同図において、12は発振器、13は電荷増幅器、14、15はバンドパスフィルタ、16は増幅器、17はレベルシフト回路、18は同期検波器、19は整流回路、20は周波数-電圧変換器、21、22、23は対数増幅器、24は差動増幅器、25は加算器、26は逆対数増幅器、27は出力端子であり、図1図に対応する部分には同一符号をつけている。

図4図において、発振器12の出力信号は、駆

動信号として、先に説明したように、水晶振動子3に設けられた図2図に示す駆動用電極4、4'間および駆動用電極5、5'間に印加され、水晶振動子3を振動させる。これにより、水晶振動子3は、図3図に示すように、角速度 Ω で回転しながらA-A'方向に共振周波数 f_1 で振動するとともに、B-B'方向に共振周波数 f_2 で振動する。この結果、検出素子2の検出用電極6、7間には、先の式(1)に示した力 F_d に比例した量の電荷が生ずる。

なお、検出素子2の検出用電極6、6'および7、7'ではさまたれた部分は、図5図の物体Mに相当し、回転体1を角速度 Ω で回転させ、駆動用電極4、4'、5、5'に上記のように駆動信号を供給して水晶振動子3を振動させると、検出用電極6、7間には、先の式(1)に示したA-A'方向の力 F_d に比例した量の電荷が生ずる。但し、この場合の式(1)における m 、 l 、 ω_1 、 r 、 ω_2 、 h などは、水晶振動子2の検出用電極6、6'および7、7'ではさまたれた部分に対して先に定義された意味をもつものであることはいうまでもない。

以上のように、この実施例における検出素子、単一の水晶振動子に振動を生じさせるための駆動部と力の検出部とを設けたものであるから、しかも、これら駆動部および検出部は単に水晶振動子に電極を設けることによって形成されるものであるから、構造が簡単であり、図着などの作業を一切必要とせず、量産化に適している。そして、か

かる構造はフォトリソグラフィ加工技術によって人工水晶に非常に良く整合がとれるので、量産するに際しても、構造の精度を高くすることができ、したがって、特性のバラツキが非常に少ない。

なお、発振器12は自動利得制御回路や位相同期ループ回路によって制御するようにし、その出力信号の振幅や周波数を安定化した方が好ましい。これにより、 r 、 l 、 ω_1 、 ω_2 が安定となり、角速度 Ω の検出誤差を少なくすることができる。

検出用電極6、7に生じた電荷は差動型の電荷増幅器13に供給され、力 F_d に比例した大きさの電圧 V_d が形成される。この電圧 V_d の波形は周波数 f_1 の正弦波にスプリアス成分が加わったようなものであり、このスプリアス成分が先の式(1)の右辺第1項の力に比例した周波数 f_2 の電圧である。

電荷増幅器13の出力電圧 V_3 は中心周波数が f_1 のバンドパスフィルタ14に供給され、式(1)の右辺第1項の力に比例した次に示す電圧 V_{s1} が得られる。

$$V_{s1} \propto 2m\Omega\ell\omega_1 \cos(\omega_1 t + \theta) \quad \dots\dots\dots (2)$$

この電圧 V_{s1} は増幅器16で増幅され、電圧 V_{s2} として同期検波器18と周波数-電圧変換器20とに供給される。

これとともに、電荷増幅器13の出力電圧 V_3 は中心周波数 f_1 のバンドパスフィルタ15に供給され、先の式(1)の右辺第2項の力に比例した次に示す電圧 V_{s1} が得られる。

$$V_{s1} \propto -mr(\omega_1^2 - \Omega^2) \sin(\omega_1 t) \quad \dots\dots\dots (3)$$

この電圧 V_{s1} はレベルシフト回路17で振幅が減衰され、電圧 V_{s2} として同期検波器18と整流回路19とに供給される。

周波数-電圧変換器20は電圧 V_{s2} の周波数に反じた、すなわち、 ω_1 に比例した電圧 V_{r2} を生成する。この電圧 V_{r2} は同期検波器18に供給される。同期検波器18では、この電圧 V_{r2} とレベル

される。

$$V_{L1} \propto \ell n(2m\Omega\ell\omega_1) \quad \dots\dots\dots (5)$$

一方、整流回路19からは次に示す電圧 V_A

$$V_A \propto mr(\omega_1^2 - \Omega^2)$$

が得られ、この電圧 V_A は対数増幅器22に供給されて次に示す電圧 V_{L2} が形成される。

$$V_{L2} \propto \ell n\{mr(\omega_1^2 - \Omega^2)\} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式(5)、(6)で示す電圧 V_{L1} 、 V_{L2} は差動増幅器24に供給され、次のように演算処理がなされて電圧 V_{L3} が形成される。すなわち、

$$\begin{aligned} V_{L3} &\propto \ell n(2m\Omega\ell\omega_1) - \ell n\{mr(\omega_1^2 - \Omega^2)\} \\ &= \ell n\left\{\frac{2m\Omega\ell\omega_1}{mr(\omega_1^2 - \Omega^2)}\right\} \\ &= \ell n\left\{\frac{2\Omega}{\omega_1} \cdot \frac{m\ell\omega_1^2}{mr(\omega_1^2 - \Omega^2)}\right\} \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

ここで、一般に、周波数 f_1 に対する角速度 ω_1 ($=2\pi f_1$)は角速度 Ω に比べて充分大きく設定されるから、 $(\omega_1^2 - \Omega^2)$ を ω_1^2 に近似できる。たとえ

$$\Omega = 0.01 \text{ 度/sec}, f_1 = 1 \text{ MHz}$$

シフト回路17からの式(3)で示す電圧 V_{s1} とから同期信号が形成され、式(2)で示す電圧 V_{s2} を同期検波して次に示す直流電圧 V_c が生成される。

$$V_c \propto 2m\Omega\ell\omega_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

なお、この同期信号は周波数 f_1 と20℃における周波数 f_2 の最小公倍数の周波数の1周期に対して1回のパルスからなるものであって、電圧 V_{r2} にもとづく電圧 V_{r1} と電圧 V_{s2} とを比較して方形波を形成し、この方形波をカウントし、所定カウント毎に上記パルスを発生させて同期信号が形成される。温度の変化に対して電圧 V_{s2} の周波数 f_1 が変化しても、これにともなう電圧 V_{s2} の周波数 f_1 も変化し、しかも、電圧 V_{r2} のレベルも変化して上記方形波を形成するための基準レベル(電圧 V_{r1} のレベル)も変化するから、同期信号を常に電圧 V_{s2} に同期させることができ、したがって、同期検波器18からは温度変化に対してレベル変動がない電圧 V_c が得られる。

同期検波器18の式(4)に示す出力電圧 V_c は対数増幅器21に供給され、次に示す電圧 V_{L1} が形成

とすると、 2π は360度であるから、 ω_1 は $360 \times 10^6 \text{ 度/sec}$ となり、 $\omega_1^2 \gg \Omega^2$ となる。したがって、式(7)に示す電圧 V_{L3} は、

$$V_{L3} \propto \ell n\left\{\frac{2\Omega}{\omega_1} \cdot \frac{m\ell\omega_1^2}{mr\omega_1^2}\right\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

と近似できる。また、換出素子2の構造から、A-A'方向の振動とB-B'方向の振動とは同一の励起用電極4、4'、5、5'(第2図)による電界によって生ずるものであるから、

$$mr\omega_1^2 \propto m\ell\omega_1^2$$

が成り立つ。したがって、式(8)に示す電圧 V_{L3} は次のようになる。

$$V_{L3} \propto \ell n\left(\frac{2\Omega}{\omega_1}\right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

一方、周波数-電圧変換器20から得られる ω_1 に比例する電圧 V_{r2} は、また、対数増幅器23にも供給され、次に示す電圧 V_{L4} が形成される。

$$V_{L4} \propto \ell n(\omega_1)$$

この電圧 V_{L4} と式(9)に示す電圧 V_{L3} とは加算器25で加算され、次に示す電圧 V_{L5} が形成される。

$$\begin{aligned}
 V_{11} &\propto \ln(2\Omega/\omega_1) + \ln(\omega_1) \\
 &= \ln\left(\frac{2\Omega}{\omega_1} \cdot \omega_1\right) \\
 &= \ln(2\Omega)
 \end{aligned}$$

この電圧 V_{11} は逆対数増幅器 26 で逆対数変換され、出力端子 27 に角速度 Ω に直線的に比例した電圧 V_0 が得られる。この電圧 V_0 は質量 m や水晶振動子 3 の振動によって影響されない値となっている。

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明はかかる実施例のみに限定されるものではない。

たとえば、上記実施例では、水晶振動子を角柱状としたが、板状などの他の形状としてもよいし、水晶振動子を 2 個用いて検出素子を音叉状あるいはこれと同等の形状としてもよい。後者の場合には、直線的な振動などの影響を除くことができ、また、夫々の水晶振動子の振動方向を互いに逆となるようにしてもよい。

また、上記実施例では、水晶振動子 3 の振動の 2 つの振動方向 $A-A'$ 、 $B-B'$ を夫々回転体 1 の

い。図 4 図に示す各回路の部品の配置は、それらの振動によるコリオリの力が相殺されるように、また、出力端子 27 に得られる電圧 V_0 が正となるように設定されたものである。

また、逆対数増幅器 26 と出力端子 27 との間に増幅器を設け、その利得や基準電位を調整することにより、電圧 V_0 の振幅や基準レベルを出力端子 27 に接続される所望回路に適した所定の値に設定するようにしてもよい。

さらに、同期検波器 18、整流回路 19 および周波数-電圧変換器 20 の出力電圧を対数変換し、さらに微分、加算処理することによってアナログ的に乗算、除算処理したが、夫々の出力電圧をデジタル変換し、デジタル回路でもって微分、除算処理してもよいし、マイクロコンピュータにより、ソフトウェアでもって直接電圧 V_0 を得るようにしてもよい。このように、ソフトウェアで処理した方が耐ノイズ性にすぐれている。

さらに、上記実施例では、同期検波器 18 の同期信号の発生タイミングを周波数-電圧変換器 20

半進方向とその回転軌道の接線方向に一致するように設定したが、これら $A-A'$ 方向および $B-B'$ 方向をこれら半進方向と接線方向とからずらしても問題はない。この場合には、夫々の振動が半進方向の振動成分と接線方向の振動成分とからなることから、上記と同様に角速度 Ω を検出できる。

さらに、水晶振動子の励振と検出とを結晶の光学軸調から光学的に行なうことにより、上記実施例での結晶と電極との接合によって生ずるエージングの問題を解消できる。

さらにまた、検出用電極 6、7、6'、7' の寸法は周波数 f_1 の基準値の $1/2$ 波長にちとづく寸法に設定した方が、検出効率が高くなる。

なお、図 4 図の信号処理系においては、増幅回路 16 にサミスタなどを設け、電圧 V_{11} の振幅の温度補償を行なうようにしてもよいし、バンドパスフィルタ 15 とレベルシフト回路 17 との配置とは逆にしてもよく、この場合には、バンドパスフィルタ 15 の部品の振動が小さいので好まし

の出力電圧 V_{11} にもとづいて補正するようにしたが、レベルシフト回路 18 の出力電圧 V_{12} の周波数 f_1 に応じた直流電圧を得、この直流電圧と周波数-電圧変換器 20 の出力電圧 V_{11} とにもとづいて、上記のように、同期信号の発生タイミングを補正するようにしてもよい。この場合、同期信号の発生タイミングは、周波数 f_1 にニアに変化するのではなく、指数関数的に変化させることができる。また、上記のように、電圧 V_{11} を直流電圧と比較して方形波信号を得、この方形波信号の所定カウント毎にパルスが発生して同期信号を得ていたが、パルスが発生するカウント数を上記の同期信号の発生タイミングを補正する電圧で変化させるようにしてもよい。

図 4 図に示す信号処理系のように、振動子の励振信号あるいはこれに応じた信号を対数変換して得られる電圧と対象となる角速度 Ω に応じた検出信号を対数変換して得られる電圧との微分、加算処理によって角速度 Ω に比例した電圧を得る方法は、先の特開昭 58-174854 号公報に開示され

た角速度センサや表面弾性波素子を用いた角速度センサなどにも適用できるし、また、流体式角速度センサ(ガスレートジャイロ)におけるピエゾポンプの振動変位の補償にも適用可能であり、この場合には、たとえば、ピエゾポンプの駆動信号あるいは振動の検出信号と角速度の検出信号との比をとるようにすればよい。

[発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば、検出素子が同一の振動子に振動のための駆動手段と該振動子に生ずる力を検出する検出手段とが設けられてなるものであるから、検出素子の構造が非常に簡単であるし、振動子の固着などの特性に影響を与える手間のかかる作業を必要とせずに該検出素子を作製でき、特性上のバラツキがない該検出素子の量産化が可能となるものであって、上記従来技術にない優れた機能の角速度センサを低コストで提供することができる。

4. 図面の簡単な説明

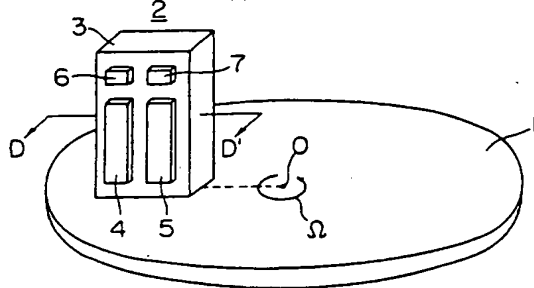
図1図ないし第4図は本発明による角速度センサ

の一実施例を示すものであって、図1図はその検出素子を示す構成図、図2図は図1図に水晶振動子に生ずる電界を示す模式図、図3図は図2図に示した電界による水晶振動子の振動方向を示す説明図、図4図はこの実施例の信号処理系を示すブロック図であり、図5図は本発明による角速度センサの原理説明図である。

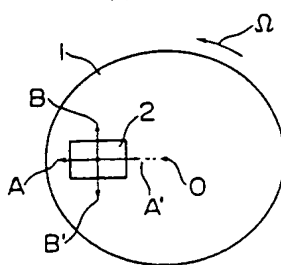
1 …… 回転体、2 …… 検出素子、3 …… 水晶振動子、4, 4', 5, 5' …… 駆動用電極、6, 7 …… 検出用電極、8, 9, 10, 11 …… 電界。

代理人 弁理士 武 頼次郎(ほか1名)

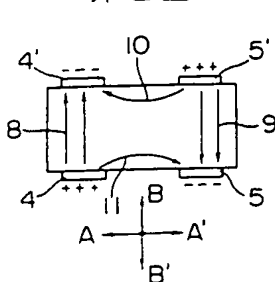
第1図



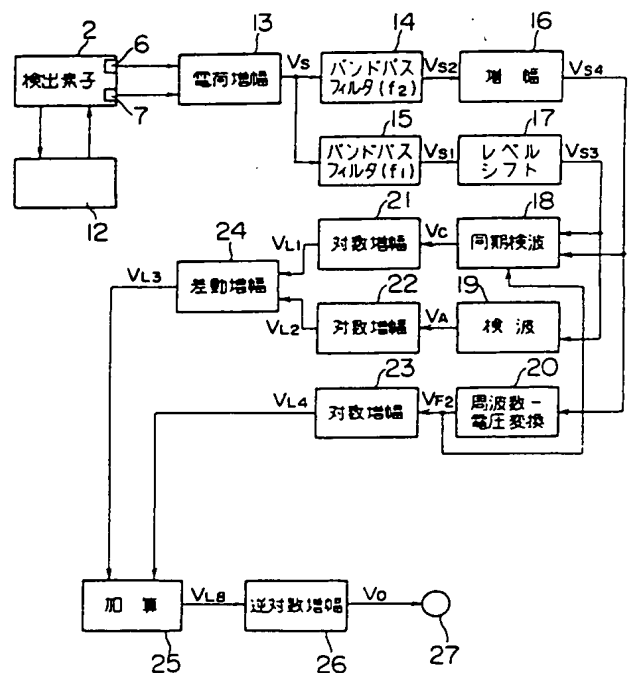
第3図



第2図



第4図



第5図

